

ATM 망의 트래픽제어 기술

이 영 옥
(한국통신기술(주))

■ 차 례 ■

- | | |
|----------------|----------------------|
| 1 서 론 | 5 사용파라메타제어 / 망파라메타제어 |
| 2 서비스들의 트래픽 특성 | 6 우선 순위 제어 |
| 3 트래픽 모델링 | 7 체증제어 |
| 4 연결 승인 제어 | 8 결 론 |

1 서 론

BISDN 실현을 위한 ATM망은 데이터, 음성 및 영상과 같은 다양한 트래픽특성의 멀티미디어 서비스들을 수용한다. 즉, 통신속도가 수 Kbps에서 수백 Mbps 까지의 트래픽, 동화상과 같이 버스트니스(burstiness)가 강한 트래픽, CBR(constant bit rate) 및 VBR(variable bit rate) 트래픽, 연결성(connection oriented) 및 비연결성(connectionless) 트래픽 등과 같이 다양한 특성을 갖는 서비스들의 서로 다른 서비스품질(quality of service : QOS)에 관한 요구사항을 충족시켜야 한다^[1]. 이를 위해 ATM망에서는 셀의 크기를 53옥텟으로 고정시키고 가상회선을 통한 경로배정을 함으로써 전송 및 교환에서의 각종 처리가 하드웨어로 가능케 되어 고속 및 광대역 요구조건을 충족시키고, 셀전송을 위한 시간슬롯들을 비동기식으로 트래픽 요구량에 따라 할당(bandwidth on demand) 함으로써 VBR 트래픽도 효과적으로 수용할 수 있게 하였다. 이와같이 ATM망은 효율성과 함께 유연성을 갖추고 있

으므로 BISDN에서 요구되는 망차원의 각종 요구조건을 충족시킬 수 있을 것으로 간주되고 있다^[2,3].

그러나 ATM망에서는 고속으로 통신하는 가운데 다양한 특성의 트래픽소스들이 서로 다른 QOS를 요구하기 때문에 새로운 연결(또는 호)요청에 대한 승인과정, 기설정된 연결들에 대한 적법한 사용의 감시 및 약속된 QOS의 보장, 체증발생에 대한 대책 등 다양한 측면에서의 새로운 트래픽제어 기술이 요구된다. 트래픽제어는 망자원 할당과 밀접한 관련이 있으며 이들의 기본적인 목적은 망을 보호하고 망성능 목표를 달성하는 것이며, 부가적인 목적은 망자원 사용을 최적화시키는 것이다. BISDN을 위한 ATM 계층에서의 트래픽제어 목표는 다음과 같이 제시되고 있다^[5].

- 예측가능한 모든 서비스들에 대해 ATM 계층 QOS 등급들을 지원
- AAL(ATM adaptation layer) 프로토콜이나 상위계층 프로토콜에 무관
- 망 및 단말의 복잡성을 최소화 시키는 것과 망

활용도를 최대화 시키는 상층관계로 부터 최적화되도록 설계

- 재증조건하에서도 ATM 계층 QOS를 유지

CCITT에서는 BISDN의 일반적인 망측면에 관한 권고안 I.311에서 연결승인제어, 사용파라메타제어/망파라메타제어, 우선순위제어, 체증제어 등을 제시하고 있으며 트래픽제어에 관한 별도의 권고안을 준비하고 있다⁴⁵⁾.

본고에서는 II장에서 각종 서비스들의 트래픽 특성, III장에서 소스트래픽의 특성을 표현하기 위한 트래픽파라메타와 트래픽 모델링, IV-VII장에서 주요 트래픽제어 기술등에 대하여 CCITT의 표준화동향과 국내외의 최근 연구동향을 중심으로 기술한다.

② 서비스들의 트래픽 특성

ATM망의 트래픽제어 뿐만 아니라 망자원관

리 및 망계획 등 제반 망엔지니어링 관련 기술개발들을 위해서 가장 먼저 해야할 연구중의 하나가 BISDN의 다양한 서비스들이 갖는 트래픽특성을 파악하는 것이라 할 수 있다. 이들 서비스에는 기존의 협대역 ISDN 서비스들에 동화상 비디오텍스, 고속 데이터 전송, HDTV등 광대역의 새로운 서비스들이 포함된다. 기본적으로 모든 서비스들은 대화형서비스와 분배형서비스로 분류될 수 있으며 개개의 서비스들은 다음과 같은 속성들을 갖는다.

- 전 달 속 도 : 평균비트율, 피크비트율, 비트율 분포의 분산
 - 서비스종류 : CBR 또는 VBR
 - 서비스요소 : 음성 및 오디오, 데이터, 화상
 - 설정된 연결에서의 서비스 요소의 수
 - 연 결 형 태 : 점대점, 점대다점, 방송
- 각 서비스에 대한 속성들을 Alcatel의 연구결과로 부터 인용하여 표 1에 나타냈는데 대역폭

표 1. 서비스들의 트래픽 특성

서 비 스	서비스 종류	전달속도(dps)				연결 형태	대칭성
		하향		상향			
		평균	피크	평균	피크		
전화	CBR	64K	64K	64K	64K	PT	S
화상전화	VBR	2M	10M	2M	10M	PT	S
동화상 비디오텍스	VBR	2M	10M	5	64K	PT	PA
비디오 조희	VBR	10M	34M	5	64K	MC	PA
텔레팩스	CBR	64K	64K	64K	64K	PT	CA
비디오 텍스	VBR	50	64K	5	6.4K	PT	PA
텔레팩스	VBR	0.3K	64K	2.3K	64K	PT	CA
컬러 팩시밀리	CBR	2M	2M	2M	2M	PT	CA
교신성 데이터	VBR	5	64K	5	64K	PT	S
저속 화일전송	VBR	23K	64K	23K	64K	PT	CA
고속 화일전송	CBR	2M	2M	2M	2M	PT	CA
CAD/CAM응용	VBR	2M	10M	2M	10M	PT	CA
TV	VBR	10M	34M	-	-	BC	PA
HDTV	VBR	70M	140M	-	-	BC	PA
Hi-fi분배	CBR	2M	2M	-	-	BC	PA

주) PT : Point To Point, MC : Multicast, BC : Broadcast
 S : Symmetric, PA : Permanently Asymmetric, CA : Per Call Asymmetry

요구량인 전달속도는 대칭성에 따라 스위치로의 상향흐름과 스위치로 부터의 하향흐름으로 나뉘어 있다^[24].

3 트래픽 모델링

1. 트래픽 파라메타

호설정 단계에서 사용자의 연결요청에 대해 트래픽 특성이나 QOS 등급을 협상하면서 승인여부를 결정하거나 정보전달단계에서 트래픽을 감시하고 제어하기 위해서는 공통의 트래픽 파라메타들로 연결(또는 호)의 트래픽 특성을 표현해야 할 필요가 있다. 일반적으로 파라메타의 수나 형태를 증가시키면 ATM망의 다양한 트래픽 특성들을 더욱 정확하게 나타낼 수 있지만 파라메타의 수가 많아질수록 제어기능들을 구현하는 것이 복잡해지고 파라메타값들의 선언도 어려워진다. 따라서 가능하면 적은 수의 파라메타들로 트래픽 특성을 효과적으로 표현하는 것이 바람직한데 CCITT등에서도 표준화해야 할 주요 연구테마로 다루어지고 있다.

트래픽 파라메타가 가져야할 특성에 대한 요구조건들은 다음과 같이 정리할 수 있다^[56].

- 사용자나 사용자 단말에서 이해할 수 있을 것 : 적합(conformance)이 가능할 것
- 망자원 할당과정에 참여할 것
- 필요시 쉽게 감시 및 제한할 수 있을 것
- 통계적 특성이 추정(estimation) 가능할 것
- 선언하기 쉬운 것

현재까지의 연구들에서는 트래픽 특성을 나타내는 파라메타들로 피크비트율, 평균비트율, 그리고 버스트니스가 포함되어야 할 것으로 인식되고 있다. 버스트니스는 셀도착이 얼마나 밀집되어 있는지를 나타내는 파라메타로서 망성능에 커다란 영향을 미치므로 매우 중요한 의미를 갖는다. 그러나 트래픽소스의 버스트니스를 나타내는 방법은 아직 의견의 일치가 이루어지지 못했는데

두 개 이상의 파라메타로 표현될 필요가 있다는 의견이 제시되고 있으며^[7], 최근 연구들에서 버스트니스를 표현하기 위해 사용된 정의들을 요약하면 다음과 같다.

- 피크비트율 / 평균 비트율^[8,10]
- 평균 버스트 기간(또는 그 분포함수)^[11,15]
- 셀도착시간간격의 분산 대 평균의 비율^[17]
- 셀도착시간간격의 분산 대 평균제곱의 비율^[18]

2. 트래픽 모델링

각종 트래픽제어 알고리즘의 성능분석등을 하기 위해서는 트래픽소스로 부터 ATM 스위치나 멀티플렉서로 들어오는 셀들의 도착 프로세스가 파악되어야 한다. 이때 트래픽소스의 모델링을 통한 ATM 셀들의 도착시간간격의 분포가 초점이 된다.

기존 패킷교환망의 성능에 관한 대부분의 연구에서는 단일 데이터소스로 부터의 입력트래픽은 연속시간인 경우 포아송프로세스, 이산시간인 경우 기하 프로세스를 따른다고 가정하였다. 이것은 기존 패킷교환망에서 대부분의 트래픽은 컴퓨터간의 데이터이고 이들은 포아송프로세스를 따른다는 것이 잘 알려져 있기 때문이다.

한 음성소스로 부터 도착되는 셀들은 그들 사이의 밀접한 상관관계로 인해 모델링이 다소 복잡해진다. 호수준에서는 새로운 음성호들의 도착은 포아송프로세스, 호의 지속기간은 지수분포 또는 기하분포에 의해 표현될 수 있다. 한 호내의 버스트 수준에서는 "화중"(talkspurt)과 "침묵"(silent) 기간이 교대로 반복되며, "화중" 기간에는 음성셀들이 일정한 율로 생성되고 "침묵" 기간에서는 셀이 생성되지 않는다. 이와같은 점을 이용하여 음성이나 화상트래픽의 모델링은 간단 하면서 응용성이 풍부한 IPP(Interrupted Poisson Process) 모델을 사용할 수 있다. ON-OFF 소스모델 또는 두-상태 마코프사슬모델이라고도 불리는 IPP모델은 연속시간 영역에서 오버플로우 프로세서를 표현하는데 최초로 적용되었으나^[19], 최근들어 ATM망의 버스트 트래

픽을 기술하는 데에도 적합하다고 인식되어 많이 사용되고 있다^{10),14),20),23)}. 주로 사용되는 이산시간 영역에서의 IPP모델은 다음과 같은 특성을 갖는다(그림 1참조).

- 1) ON과 OFF의 두 상태를 교대로 갖는 프로세스이다.
- 2) OFF에서 ON으로, ON에서 OFF로는 각각 확률 a, b를 갖고 발생한다. ON과 OFF 상태에서 머무는 기간은 각각 1/b와 1/a의 평균을 갖는 기하분포를 따른다.
- 3) ON 상태에 있을 때는 일정한 율로 쉘을 생성하며, OFF상태에 있을 때는 쉘을 생성하지 않는다.

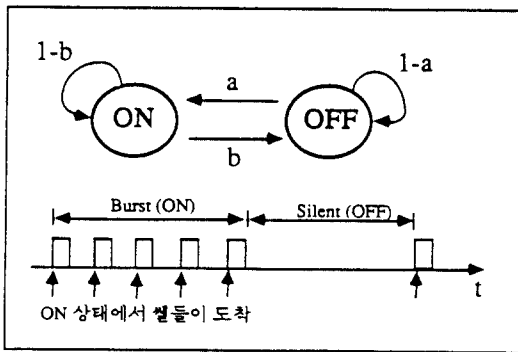


그림 1. 이산시간 IPP모델

IPP모델을 이용하여 N개의 독립적인 트래픽 소스들이 다중화되는 것을 나타낼 때는 합쳐진 쉘도착은 ON상태에 있는 트래픽소스들의 수를 이용한다. 한 시간-슬롯 동안 N개의 소스중에 i 개가 ON상태에 있을 확률 P_i 는 다음 식으로 계산할 수 있다.

$$P_i = \binom{N}{i} \left(\frac{a}{a+b} \right)^i \left(\frac{b}{a+b} \right)^{N-i}$$

화상트래픽은 대규모의 대역폭을 요구하므로 연속하는 프레임들 사이의 의미있는 차이만 코드화하는 가변코딩체계를 사용하여 압축하게되고 그에 따라 연속하는 쉘들 사이에 밀접한 상관관계가 발생한다¹²⁵⁾. 이에 따라 복수 개 화상소스의 쉘생성 프로세스는 이산상태, 연속시간 포아송프로세스(또는 마코프 프로세스)로 표현될 수 있다^{126),27)}. 즉, 이산적인 특성을 갖는 쉘이나 패킷의 크기에 비해 훨씬 큰 대역폭이 사용되기 때문에 화상소스들은 여러 레벨의 비트율을 갖는 연속적인 비트 흐름을 생성하는 것으로 모델링될 수 있다. N개 화상소스로 부터의 합쳐진 도착 프로세스는 연속하는 레벨간의 비트율 간격이 A인 M+1개의 레벨들 사이에서 전이되고 상태들의 명칭이 각 레벨의 비트율을 나타낸다고 할 때 그림 2와 같은 상태전이도로 표현될 수 있다.

이 모델에서 레벨의 수 M은 임의로 정할 수 있지만 발생가능한 비트율들을 충분히 표현할 수 있을 정도로는 커야 한다. 또한 비트율 증분 A와, 상태간의 전이율 a와 b는 측정된 데이터의 평균, 분산, 공분산을 이용하여 다음 식들로 부터 구할 수 있다.

$$\text{mean} = MA \frac{a}{a+b}$$

$$\text{var} = MA^2 \frac{a}{a+b} \left(1 - \frac{a}{a+b} \right)$$

$$\text{cov} = \text{var} \cdot \exp\{-(a+b)t\}$$

또 이 프로세스는 두 상태간의 전이율이 a와 b이고 각 상태의 지속기간은 지수분포를 따르고

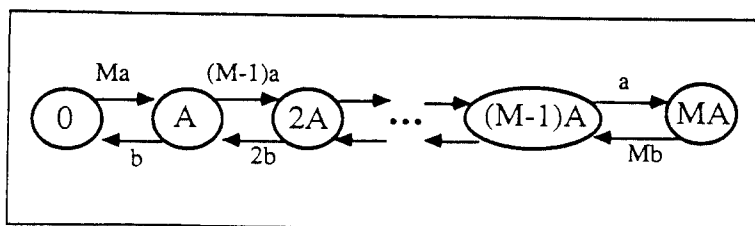


그림 2. 이산상태, 연속시간 포아송 프로세스의 상태전이도

ON 상태에서의 비트율이 A인 M개의 ON-OFF 소스들의 중첩(superposition)으로 생각할 수도 있다. 따라서 이 모델은 복수 개 음성소스의 모델링등에도 적용될 수 있다. 또한 이 모델은 고속비트율과 저속비트율의 두개의 기본 비트율을 이용하여 단기(장면변경이 없는 경우) 및 장기(장면변경이 발생하는 경우) 상관성을 표현하는 일반적인 마코프프로세스 모델로 확장될 수 있다^[27]. 확장된 모델은 비트율의 평균과 분산 등 통계적 특성이 다른 트래픽소스들의 다중화된 도착프로세스의 모델링에도 적용될 수 있다.

음성, 데이터, 화상 등 멀티미디어 트래픽소스들이 합쳐진 경우의 모델링을 위해 많이 연구되고 있는 또 한가지의 방법은 두 상태를 갖는 MMPP(two-state Markov Modulated Poisson Process)를 이용하는 것이다. 두-상태 MMPP 모델을 표현하기 위해서는 각 상태의 평균지속기간과 도착률에 관한 4개의 파라메타가 사용된다. 일반적으로 각 상태의 지속기간은 기하분포나 지수분포, 각 상태에서의 셀도착은 베르누이분포나 포아송분포로 가정된다. 앞에서 설명된 IPP모델은 OFF 기간에는 셀도착이 없는 MMPP의 한가지 경우로 해석될 수 있다. Heffes와 Lucantoni는 패킷 도착프로세스들의 합성에 적용되어 오던 MMPP모델이 음성과 데이터의 통합 트래픽 모델로 잘 적용될 수 있음을 보이고 측정된 데이터를 이용하여 4개의 모델 파라메타값을 결정하는 방법을 제시하였다^[28]. 즉, 상태 1, 2에서의 평균 지속 기간이 $1/r_1, 1/r_2$ 이고 도착프로세스가 평균도착률 m_1, m_2 를 갖는 포아송프로세스라고 가정하고 N_t 가 시간 $(0,t)$ 에서의 도착수라 하면 다음 식들로부터 4개의 파라메타를 결정할 수 있다.

$$R12=r_1+r_2, MR=m_1r_2+m_2r_1 \text{라 하면,}$$

1) 평균도착률

$$\bar{N}_t = E\{N_t\} = \frac{MR}{R12} t$$

2) $(0,t_1)$ 에서 도착된 셀 수의 분산 대 평균 비율

$$\frac{\text{Var}(N_t)}{\bar{N}_t} = 1 + \frac{2(m_1 - m_2)^2 r_1 r_2}{R12^2 \cdot MR} - \frac{2(m_1 - m_2)^2 r_1 r_2}{R12^3 \cdot MR \cdot t} (1 - e^{-R12 \cdot t})$$

3) 장기간에 도착된 셀 수의 분산 대 평균 비율

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \frac{\text{Var}(N_t)}{\bar{N}_t} = 1 + \frac{2(m_1 - m_2)^2 r_1 r_2}{R12^2 \cdot MR}$$

4) $(0,t_2)$ 에서 도착된 셀 수의 3차 모멘트

$$E[(N_t - \bar{N}_t)^3] = g^{(3)}(1,t) - 3\bar{N}_t(\bar{N}_t - 1) \frac{\text{Var}(N_t)}{\bar{N}_t} - \bar{N}_t(\bar{N}_t - 1)(\bar{N}_t - 2)$$

여기서,

$$g^{(3)}(1,t) = \frac{6}{R12} \left[\frac{A11}{6} t^3 + \frac{A21}{2} t^2 + A31 t + A12 t e^{-R12 \cdot t} + A41 (1 - e^{-R12 \cdot t}) \right]$$

$$A11 = MR^3 / R12^2$$

$$A21 = 2(m_1 - m_2)^2 r_1 r_2 MR / R12^3$$

$$A31 = (m_1 - m_2)^2 r_1 r_2 (m_1 r_1 + m_2 r_2 - 2MR) / R12^2$$

$$A41 = -2 r_1 r_2 (m_1 - m_2)^3 (r_1 - r_2) / R12^3$$

$$A12 = (m_1 - m_2)^2 r_1 r_2 MR / R12^2$$

최근의 연구들에서는 화상트래픽과 같이 긴 버스트길기와 높은 피크율을 갖는 경우에는 위의 방법에 문제가 있음을 지적하고, 개선된 파라메타값의 결정방법등이 제시되고 있다^[29,30]. ATM 망의 성능분석, 트래픽제어등을 위한 트래픽모델에 MMPP를 이용한 연구들이 활발히 이루어지고 있으며^[31-33], MMPP 이외의 마코비안프로세스에 관련된 모델링 기법들인 GMDP(generally modulated deterministic process), DMAP(discrete-time Markovian arrival process), SSMP(special semi-Markov process)등도 연구되고 있다^[34].

4 연결승인제어

1. 개념

연결승인제어(connection admission control : CAC)는 호설정단계 또는 호의 재협상단계에서 VCC(virtual channel connection)나 VPC(virtual path connection)를 승인할 지의 여부를 결정하기 위해서 망에서 이루어지는 일련의 활동으로 정의된다⁴¹.

어떤 호에 대한 연결요청이 있으면 새로운 연결에서 요구된 QOS와 기존 연결들과의 약속된 QOS들을 전체망을 통해 유지될 수 있는 충분한 망자원이 있는가를 검토하여 수락여부를 결정한다. BISDN 환경하에서는 멀티미디어나 회상회의 등과 같이 어떤 호가 한 개 이상의 연결을 요청할 수도 있으므로 제어과정은 VCC나 VPC 각각에 대해 적용된다. 연결을 설정하기 위하여 사용자로부터 망에 전달되는 신호 메시지에는 소스트래픽의 특성과 요구하는 QOS등급이 포함되며 망은 현재의 부하상태를 고려하여 연결의 승인여부, 감시 및 제어에 필요한 파라메타, 망자원의 할당등을 결정한다.

2. 연구동향 및 과제

CAC를 가장 간단히 수행하는 방법은 피크비트율로 대역폭을 할당해 나가면서 링크 용량이 찰때까지 새로운 연결요청을 승인하는 것이다. 그러나 이 방법은 BISDN의 많은 VBR 트래픽들에 대해 통계적 다중화에 따른 장점을 활용하지 못해 링크효율이 낮다는 단점이 있다. 따라서 VBR 트래픽들에 대해서는 피크비트율 보다 적은 대역폭을 할당함으로써 다중화 이득을 얻을 수 있는 통계적 대역폭할당 방법들이 많이 연구되고 있다^{8,9,11,39-44}. ATM망에서의 다중화 이득은 버스트니스율(피크비트율/평균비트율)이 클수록, 평균 버스트길이가 짧을수록, 피크비트율의 링크 용량에 대한 비율이 작을수록 커진다고 분석되었다⁴⁵. 대역폭할당시 고려되는 기타 요인들로는 버스트들의 도착시간간격, 평균비트율, 호의 쉐손실율 및 지연시간등 QOS 요구사항, 그

리고 망에서 사용되고 있는 서비스들의 조합등이 있다.

한 호에 대해 요구되는 서비스품질을 만족시키기 위해 필요한 대역폭 예상량을 그 호의 가상(virtual)대역폭 또는 등가(equivalent) 대역폭이라 하며, 이 개념은 호승인과정에서 제안된 루트의 노드사이에 충분한 대역폭이 있는지를 결정할 때 사용될 수 있다. 가상대역폭(VB)을 이용한 방법에서는 쉐손실율이 서비스품질에 관한 주요척도가 되는데, 링크용량을 초과한 트래픽양의 비율로 정의된 가상쉐손실율도 좋은 척도로 제시되고 있다(그림 3참조)^{43,46}.

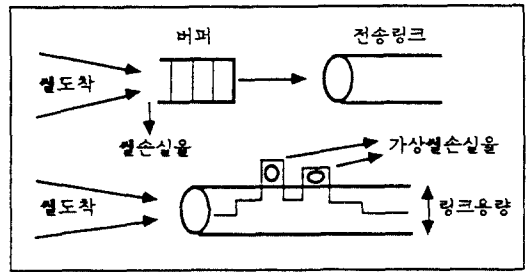


그림 3. 쉐손실율과 가상쉐손실율

동질(homogeneous) 트래픽 환경하에서는 VB는 링크용량을 지정된 가상쉐손실율내에서 링크에 다중화시킬 수 있는 최대 트래픽소스의 수로 나누어서 계산할 수 있다. 이질(heterogeneous) 트래픽이 혼합된 경우에는 통계적 다중화에 의하여 다른 트래픽 클래스에 의한 간섭(interference) 때문에 특정 쉐손실율의 보장이 불확실하다. 따라서 간섭의 정도가 적은 트래픽클래스와 많은 트래픽클래스로 링크의 대역폭을 분리하여 VB를 각각 산출하는 가상링크용량방법이 제시되었다⁴⁷.

효과적인 제어알고리즘이 되기 위해서는 가상대역폭 개념과 함께 QOS 보장을 위해 개별(individual) 쉐손실율에 대한 검토가 병행되어야 한다. 즉, 지금까지 제안된 많은 CAC 알고리즘들은 전체트래픽의 평균쉐손실율을 기준으로 하고 있으나, 모든 호에 요구되는 품질이 같을 때에도 각 호에 대한 개별적인 쉐손실율은 각각 다르

게 발생되기 때문에 개별적인 소스들의 평균손실 값이 기준치이하가 되더라도 몇몇 개별 셀손실율은 기준치를 초과할 수 있다는 점이 고려되어야 한다. 이러한 관점에서 3절에서 Murase등이 제시한 개별가상셀손실율에 기초한 CAC 알고리즘을 소개한다⁽⁴⁴⁾.

그러나 CAC에 관한 많은 연구가 이루어졌음에도 불구하고 ATM망에서 CAC를 구현하기 위해서는 다음과 같은 문제들에 대한 명확한 해결책 또는 분석결과가 제시되어야 하므로 더욱 많은 연구가 표준화와 함께 이루어져야 한다.

- 망성능을 정확히 예측하기 위해서는 어떤 트래픽파라미터들이 요구되는가?
- 다양한 특성을 갖는 서비스들의 QOS등급들을 어떻게 정의할 것인가?
- 망이 현재의 부하상태를 어떻게 효과적으로 파악 또는 추정할 수 있는가?
- 망이 새로운 연결요청을 승인할 것인지의 여부를 결정하는 기준은 무엇인가?
이와 관련하여 승인된 연결의 대역폭할당은 얼마나 할 것인가?
- 각 연결에 대한 트래픽특성의 협상 및 재협상 절차를 어떻게 설정할 것인가?
또한 이 절차가 망요소의 복잡성에 미치는 영향은 얼마나 될 것인가?

3. 개별가상셀손실율을 이용한 CAC 알고리즘

(44)

K개의 트래픽 형태를 갖는 N개의 트래픽소스들이 용량 C인 링크에 다중화되는 경우를 생각하자. 한 개의 트래픽소스는 IPP모델에 따르며 ON기간에는 피크비트율 MAX로 셀을 생성하고, 평균비트율은 AVG라 가정한다. 트래픽 형태 j의 트래픽 특성과 셀손실율은 다음과 같이 정의한다.

MAX_j : 피크비트율

AVG_j : 평균비트율

N_j : 트래픽 소스의 수

P_j : 개별셀손실율

PV_j : 개별가상셀손실율

PV는 그림 4와 같이 순간적인 총트래픽 부하량 X가 링크용량 C를 초과할 때 셀이 손실되는 링크오버플로우모델에 기초해서 다음과 같이 정의된다.

$$PV_j = \sum_{n_1=0}^{N_1} \dots \sum_{n_k=0}^{N_k} \left[\prod_{i=1}^k P_i(n_i) \cdot \left\{ (X-C) \frac{n_j \text{MAX}_j}{X} \right\} / (N_j \text{AVG}_j) \right]$$

여기서, $X = \sum_{i=1}^k n_i \text{MAX}_i$

$$P_i(n_i) = \binom{N_i}{n_i} \left(\frac{\text{AVG}_i}{\text{MAX}_i} \right)^{n_i} \left(1 - \frac{\text{AVG}_i}{\text{MAX}_i} \right)^{N_i - n_i}$$

승인제어를 위한 가상대역폭할당방법중 가상 링크용량방법을 적용하여 간섭 및 비간섭 트래픽 소스들에 각각 가상적으로 분리된 링크용량 C_m과 C_v를 할당한다. 대역폭의 할당은 간섭 트래픽 소스들에는 VB로 피크비트율인 MAX를 할당하고 비간섭 트래픽소스들에는 분할된 링크용량 C_v에 대해 계산된 VB를 할당한다. VB는 링크용량 C_v를 특정 가상셀손실율내에서 링크에 다중화시킬 수 있는 최대 트래픽소스수 N_{max}로 나누어 값이 된다. 예를들어 어떤 트래픽이 10의 -9승의 PV를 요구하고 MAX가 0.04, AVG가 0.01이라면 PV_j 계산식으로부터 N_{max}가 36이 계산되므로 링크용량에서 N_{max}를 나누면 VB가 도출된다. 대역폭할당방법에 관한 요약된 내용이 표 2에 제시되어 있다.

표 2. 대역폭할당 방법

트래픽 종류	Interference	대역폭할당	
		예약대역폭	가상링크용량
CBR	Interference	MAX	C _m =ΣMAX
VBR	Non-interference	VB(<MAX)	C _v =C-ΣMAX

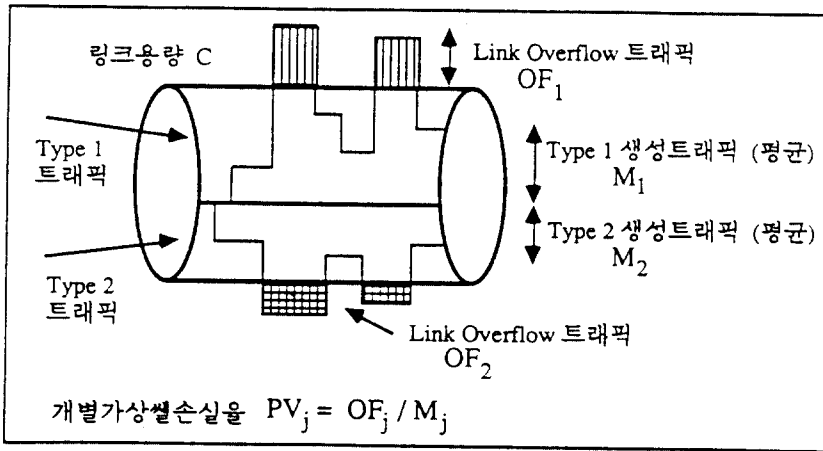


그림 4. 개별가상 셀손실율

5] 사용파라메타제어 / 망파라메타제어

1. 개념 및 연구대상

사용파라메타제어(usage parameter control : UPC)는 트래픽양과 셀루팅의 적법성에 기초해서 사용자 트래픽을 감시하고 제어하기 위해 망에서 이루어지는 일련의 활동으로 정의된다. 망파라메타제어(network parameter control : NPC)는 UPC와 그 기능 및 목적은 같고 UPC가 T기준점에서의 사용자 액세스에 적용되는데 비하여 망노드 인터페이스에 적용된다는 점이 다르다. 이들의 주요 목적은 CAC에서 협상된 파라메타들의 위반여부를 검출함으로써 기설정된 다른 연결들의 QOS에 영향을 미칠 수 있는 악의적이거나 비고의적인 잘못된 행동들로부터 망자원을 보호하기 위한 것이다. 따라서, 정보전달 단계에서 적용되며 감시 및 제어는 UNI 또는 NNI를 통과하는 모든 연결에 대해 수행된다. 구체적인 감시활동들은 액세스망의 구성에 의존되며 기본적으로 다음과 같은 여러가지 활동들의 조합에 의해 이루어질 수 있다.

- VPI 및 VCI 값의 적합성 체크
- 동의된 파라메타들이 위반되지 않았다는 것을 확인하기 위한 망에 진입되는 트래픽의 감시

-액세스 링크에서 총량 또는 승인된 트래픽의 감시

UPC/NPC 알고리즘은 아직 표준화되지 않았으나 제어 알고리즘들이 가져야 할 바람직한 특성들은 다음과 같이 권고되고 있다.

- 불법적인 트래픽 상황의 검출 능력
- 체크된 파라메타들 영역의 선별능력(사용자 행위가 승인영역에 있는지 결정)
- 파라메타 위반에 대한 신속한 반응
- 구현의 단순성

UPC/NPC 기능에 의해 이루어지는 제어조치로는 사용자가 약속된 파라메타를 초과하면 위반된 셀들을 폐기시키는 방법을 생각할 수 있다. 이 경우에 주요 목적을 달성할 수 있지만 파라메타값을 결정하는 데 실제적인 불확실성이 있으므로 적절한 제어성능을 갖기 위해서는 제어 파라메타에 대한 허용여유(tolerances)가 정의될 필요가 있다. 동의된 파라메타값을 초과하는 셀을 폐기시키는 이외에 다른 방법으로 위반셀들에 표시를 하여 통과시키거나 연결을 해제시키는 두 가지의 다른 대안도 고려될 수 있다.

UPC/NPC에 관련된 주요 연구대상을 정리

하면 다음과 같다.

- 트래픽 파라메타의 설정 및 측정방법
- 제어 알고리즘 및 알고리즘의 성능 평가 방법
- 제어기능 수행위치의 설정
- 위반셀에 대한 제어조치 방법

2. Leaky Bucket 알고리즘

Leaky Bucket(LB)은 UPC/NPC 기능의 구현 및 체증제어의 한 수단으로 가장 많이 연구되어온 방법이며, 그 형태에 따라 LB, VLB(Virtual LB), SVLB(VLB with spacer), DLB(Dual LB) 등으로 구분된다.

LB방식은 그림 5와 같은 대기모형으로 나타낼 수 있으며 시스템에서는 주기적으로 토큰을 생성시키고 도착된 셀들은 토큰을 받은 경우만 망으로 진입시킨다. 도착된 셀들은 토큰이 없는 경우에는 용량이 B인 입력버퍼에서 대기할 수 있으며 버퍼가 차있는 경우 새로 도착된 셀들은 폐기된다. 일정시간마다 생성되는 토큰들은 용량 M인 토큰풀에 저장되고 토큰풀이 가득차 있는 경우에는 폐기된다. 따라서 토큰생성 주기에 따라 트래픽 파라메타중의 평균비트율을 제어할 수 있으며 버퍼 및 토큰풀의 크기에 따라 어느 정도의 피크비트율 및 버스트니스를 제어할 수 있다. 버퍼 및 토큰풀의 유무, 셀도착과정의 모델링 방법, 셀손실율 및 대기시간 등 성능분석 방법에 따라 다양한 측면에서의 연구가 진행되고 있다^[15,47-52].

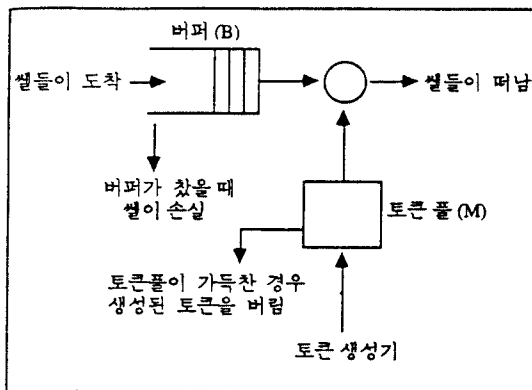


그림 5. Leaky Bucket 알고리즘의 대기모형

VLB방식은 망인터페이스에서 셀을 폐기시키는 대신 위반된 셀들에 대해 셀헤더에 위반표시를 하여 망으로 진입시키는 방법이다. 따라서 모든 셀들이 망으로 진입되며 위반된 셀들은 체증이 발생했을 때만 망노드에서 폐기된다. 망노드에서는 새로운 셀이 도착했을 때 노드의 버퍼상태가 체크되며 다음과 같이 처리될 수 있다.

- 버퍼가 가득차지 않은 경우 셀을 받아들인다.
- 버퍼가 가득차 있고 셀에 표시가 되어있지 않은 경우, 버퍼의 셀중에 표시된 것이 있으면 도착된 셀을 받아들이고 표시된 셀을 폐기시킨다.
- 버퍼가 가득차 있고 셀에 표시가 되어있지 않은 경우, 버퍼의 셀중에 표시된 것이 없으면 도착된 셀은 폐기된다.

이 방식은 망노드가 체증상태일 때 정상셀들로부터 표시된 셀을 구별하는 처리시간이 부가적으로 요구되는 단점과 망사업자 입장에서 사용량에 따른 요금부과 방법이 어려워지는 문제가 있으나 망의 처리량을 높일 수 있고 정상적인 셀들을 망의 잘못된 판단으로 폐기시키는 오류를 피할 수 있다는 장점이 있어 더 많은 연구를 필요로 하고 있다^[17,40].

SVLB 방식은 VLB 방식에 피크비트율을 제어하기 위해 별도의 spacer를 두는 방법이다^[53]. DLB 방식은 두 개의 LB를 차례로 사용하여, 하나는 피크비트율과 CDV(cell delay variation)의 허용치를 다른 하나는 평균비트율을 동시에 제어하는 방법이다^[5]. SVLB와 DLB에 대해서는 다양한 성능분석에 관한 연구가 요구되고 있다.

3. 윈도우 알고리즘

일정크기의 시간 윈도우를 이용하여 도착하는 셀들의 최대수를 제어하는 방식이며 윈도우의 설정 방법과 계수기의 최대값을 부여하는 방법에 따라 JW(jumping window), TJW(triggered JW), EWMA(exponentially weighted moving average), MW(moving window) 등으로 구분된다^[23,54].

JW는 일정한 시간(윈도우) 동안에 트래픽소스로 부터 받아들이는 셀의 수를 최대값 N까지로 제한한다. 직전 윈도우가 끝나면 곧바로 새로운 윈도우가 시작되며, 도착된 셀수에 대한 계수는 초기치 0에서 다시 시작한다.

JW는 JW방식에서 윈도우가 트래픽소스의 활동과 동기되지 않아서 초래되는 모호함을 피하기 위해 고정크기의 윈도우를 연속적으로 설정하지 않고 직전 윈도우가 끝난후 첫번째 셀이 도착했을 때 새로운 윈도우를 시작시킨다.

EWMA는 윈도우의 설정방법은 JW와 같으나 i번째 윈도우에 받아들이는 최대셀수 N_i 는 윈도우마다 허용된 평균셀수 N 과 이전 윈도우에 받아들였던 셀수와의 지수가중행(exponentially weighted sum)의 함수로 다음과 같이 주어진다.

$$N_i = \frac{N - rS_{i-1}}{1 - r} \quad 0 \leq r < 1$$

$$S_{i-1} = (1-r)X_{i-1} + S_{i-2}$$

여기서 S_i 는 초기치로 주어지며 r 을 이용하여 트래픽의 버스트니스에 관한 알고리즘의 유연성을 제어한다. r 이 0이면 JW방식과 같고 0보다 커질수록 더 가변적인 트래픽소스의 행동을 허용할 수 있게 된다.

MW는 JW방식과 마찬가지로 주어진 시간구간 T내에 도착하는 최대셀수를 제한한다. 차이점은 임의의 이 도착하면 계수기가 1 증가되고 도착시간이 저장되어 정확히 T시간 후에 계수기를 1 감소시킨다는 점이다. 따라서 윈도우가 시간축을 따라서 연속적으로 이동하는 것으로 생각할 수 있다.

6] 우선순위 제어

ATM방식에서는 셀헤더내의 CLP(cell loss priority) 비트를 사용함으로써 서로 다른 우선순위를 갖는 트래픽 흐름이 가능하게 되어있다. 그러나 트래픽제어를 위한 CLP비트의 구체

적인 사용방법과 기타 다른 우선순위 메카니즘에 대해서는 아직 표준화되어 있지 않으며 많은 연구를 필요로 하고 있다. 우선순위제어(priority control)와 관련하여 현재까지 주로 연구되어온 분야는 ATM 스위치나 멀티플렉서에서 우선순위에 따른 트래픽제어 방법 및 성능분석^[55,59], ATM 링크버퍼에서의 손실을 계산방법 및 대역폭 할당방법^[11,60,61], 우선순위기능을 갖는 연결승인제어^[62] 등이다.

ATM망에서 우선순위를 부여하는 데에는 다음과 같은 2가지 방법이 있다.

- 높은 우선순위를 갖는 셀들의 큐잉지연을 줄이기 위한 시간우선순위(time priority)
- 높은 우선순위를 갖는 셀들의 손실확률을 줄이기 위한 손실우선순위(loss priority 또는 space priority)

i. 시간우선순위제어

버퍼내에서 우선순위가 높은 셀을 먼저 전송해 줌으로써 전체적으로 우선순위가 높은 셀의 큐잉지연시간을 줄이는 방법이다. 그러나 큐잉지연시간은 전체지연시간에 미치는 영향이 셀처리지연시간, 전파지연시간, 전송지연시간 등에 비해 작아서 큰 의미가 없고 셀들의 순서유지가 보장되지 않으므로 ATM망 환경에서 유용하게 적용되기에는 문제점이 있다고 지적되었다.^[57,58]

2. 손실우선순위제어

우선순위가 높은 셀의 손실율을 줄이기 위한 방법으로 push-out 메카니즘과 partial buffer sharing 방법이 검토되고 있다.

Push-out 메카니즘은 버퍼가 찰 때까지 모든 셀을 받아들이다가 버퍼가 찼을때 우선순위가 높은 셀이 오면 우선순위가 낮은 셀과 바꿔치기하는 방법이다. 이 방법은 효율은 좋으나 셀순서유지를 위해 복잡한 버퍼관리로직이 요구되는 단점이 있다.

Partial buffer sharing은 버퍼의 큐가 일정한 기준치를 넘으면 우선순위가 높은 셀들만 큐에

받아들이는 방법이다. 이 방식은 이상적인 push-out 메카니즘보다 효율은 낮지만 훨씬 단순하게 구현이 가능하고 하드웨어적으로 처리할 수 있다는 장점이 있다.

포아송 및 MMPP 프로세스에 대한 쉐도착에 대해 push-out 메카니즘과 partial buffer sharing 메카니즘의 모델링과 성능분석은^[57-59]에 제시되어 있다.

7 체증제어

BISDN에서 체증(congestion)은 트래픽 과부하나 제어자원의 과부하로 인해 망이 기설정된 연결들의 협상된 QOS를 만족시키지 못하고 새로운 연결요청에도 응하지 못하는 스위치, 전송 링크등 망자원의 상태를 의미한다. ATM망에서 체증이 발생하는 대표적인 원인으로는 다음 두 가지를 들 수 있다.

- 예측할 수 없는 트래픽흐름의 통계적 변동
- 망내의 고장상태

따라서, 체증제어(congestion control)는 관계된 망자원들에 대한 체증효과를 최소화하고 체증상태의 확산을 피하기 위해 망에서 이루어지는 일련의 활동들로 정의된다^[4]. 앞장들에서 소개한 CAC, UPC/NPC, 우선순위제어 등은 체증제어를 위해서도 사용될 수 있으며, 기타 제어기술들은 더 연구되어야 할 분야이다^[5].

일반적으로 ATM망의 체증제어는 반응제어(reactive control)와 예방제어(preventive control) 기법으로 나뉘어 설명되고 있다^[7,8,13,25,43,45].

반응제어는 망의 상태를 계속 감시하고 있다가 체증이 확인되면 소스노드에 피드백 정보를 주어 트래픽흐름을 억제시키는 방법이다. ATM망과 같은 고속망에서 반응제어가 갖는 가장 큰 문제점은 늦은 피드백이다. 즉, 피드백 정보가 소스노드에 도달해서 제어가 시작될 무렵에는 전파 지연에 따른 오버헤드로 인하여 효과적으로 대처하기

에는 너무 늦게될 가능성이 많다는 점이다. 또한 가지 문제점은 각 소스노드가 다양한 대역폭을 사용하고 있을 때 어떤 소스의 트래픽을 억제시켜야 하는지 결정하기가 어렵다는 점이다. 제한적인 방법이지만 늦은 피드백으로 인한 문제점은 반응제어를 사용자와 망의 경계사이에서 적용시킴으로써 완화될 수 있다. 또한 동질의 트래픽특성을 갖는 소규모 사실망 등에는 반응제어가 적합할 수 있다고 제시되었다^[4]. CCITT프레임모드 서비스에서 정의된 것과 같은 기존의 체증제어 기법들이 BISDN에서도 적용될 수 있는지 연구중에 있다. 그러나 대부분의 연구에서는 반응제어기법들이 ATM망 환경에서는 효과적이지 못하다고 지적하고 있다.

예방제어는 체증이 발생하기를 기다리지 않고 망이 체증상태에 도달하지 않도록 예방하려고 노력한다. 가장 보편적이고 효과적인 방법은 액세스노드와 같은 망의 입구에서 트래픽을 제어하는 것이다. 특히 가상회선을 이용한 연결성 서비스들에 대해서는 새로운 트래픽흐름을 승인할지의 여부가 루트의 부하상태등을 고려하기 때문에 특히 효과적이다. 따라서 ATM망에서의 예방제어는 연결승인제어와 대역폭 강압(bandwidth enforcement 또는 policing)이 그 기본이 된다. 또한 CCITT에서는 용량의 신속한 할당을 통한 체증의 예방을 연구중에 있다. 즉, 사용자가 버스트 트래픽을 보내면 그에 따른 용량을 신속히 할당해 주고 다시 낮은 용량으로 환원시키는 것이다. 높은 용량을 할당할 경우에는 사용자가 쓸 수 있는 피크율을 증가시키는 방법으로 사용파라미터들을 조정하게 된다. 그러나 ATM망에서는 통계적 다중화에 따른 대역폭할당이 이루어지므로 피크비트를 갖는 트래픽들이 동시에 도착될 때는 체증현상을 완전히 예방하기는 어렵다.

ATM망의 체증제어를 위해서는 여러가지 트래픽제어 기법들이 동시에 사용될 것으로 보이며 단계별 제어절차 등 포괄적인 framework에 대한 연구가 이루어져야 한다.

8 결 론

BISDN을 실현하기 위한 ATM망의 트래픽 제어에 관해서는 CCITT를 중심으로 최근 수 년동안 활발한 연구가 이루어지고 있으나 표준화를 포함하여 해결되어야 할 문제가 많이 있다. 특히 CAC 및 UPC/NPC에서 소스트래픽의 특성을 파악하고 제어할 수 있는 트래픽 파라메타의 설정, 각종 서비스들에 대한 특성파악과 그에 따른 QOS파라메타의 설정, UPC/NPC에서의 위반 쉘에 관한 조치방법, 쉘헤더에 있는 CLP 비트의 구체적인 사용방법 등은 표준화가 시급히 요청되고 있다. 또한 효율적인 망구성 및 운영을 위하여 트래픽모델링 및 시뮬레이션방법, 대역폭할당방법, CAC 및 UPC/NPC 알고리즘, 오류제어방법, 우선순위제어방법, 체증제어를 위한 framework 등에 대해 많은 연구를 필요로 하고 있다.

참 고 문 헌

1. CCITT Recommendation I.211, B-ISDN Service Aspects, 1990.
2. CCITT Recommendation I.121, Broadband Aspects of ISDN, 1990.
3. CCITT Recommendation I.150, B-ISDN ATM Functional Characteristics, 1990.
4. CCITT Recommendation I.311, B-ISDN General Network Aspects, 1990.
5. CCITT Report of WP X VIII /8, General B-ISDN Aspects, Geneva Meeting, June 1991.
6. Y. Sato and K. Sato, "Virtual Path and Link Capacity Design for ATM Networks", IEEE JSAC, pp. 104-111, Jan. 1991.
7. J. J. Bae and T. Suda, "Survey of Traffic Control Schemes and Protocols in ATM Networks", Proc. of the IEEE, pp.170-189, Feb. 1991.
8. M. Decina, L. Faglia and T. Toniatti, "Bandwidth Allocation and Selective Discarding for Variable Bit Rate Video and Bursty Data Calls in ATM Networks", Infocom 91, pp.1386-1393.
9. 조해정, 조유제, "ATM 망에서의 등가대역폭 개념을 이
용한 연결수락 제어", JCCI 91, pp.195-198.
10. S. Q. Li and H. D. Sheng, "Discrete Queueing Analysis of Multi-media Traffic with Diversity of Correlation and Burstiness Properties", Infocom 91, pp.368-381.
11. G. Gallassi, G. Rigolio and L. Fratta, "Bandwidth Assignment in Prioritized ATM Networks", Globecom 90, pp.852-856.
12. G. M. Woodruff and R. K. Kositpaiboon, "Multimedia Traffic Management Principles for Guaranteed ATM Network Performance.", IEEE JSAC, pp.437-446, Apr. 1990.
13. B. Jabbari and F. Yegenoglu, "An Upper Bound for Cell Loss Probability of Bursty Sources in Broadband Packet Networks", ICC 91, pp.699-703.
14. K. H. Tseng and M. T. Hsiao, "Admission Control of Voice/Data Integration in an ATM Network", ICC 91, pp.188-192.
15. H. J. Chao, "Design of Leaky Bucket Access Control Schemes in ATM Networks", ICC 91, pp. 180-187.
16. M. Murata, et al., "Analysis of a Discrete-Time Single-Server Queue with Bursty Inputs for Traffic Control in ATM Networks", IEEE JSAC, pp. 447-458, Apr. 1990.
17. J. Y. Hui and E. Arthurs, "A Broadband Packet Switch for Integrated Transport", IEEE JSAC, 1264-1273, Oct. 1987.
18. K. Sriram and W. Whitt, "Characterizing Superposition Arrival Processes in Packet Multiplexers for Voice and Data", IEEE JSAC, pp.833-846, Sep. 1986.
19. A. Kuczura, "The Interrupted Poisson Process as an Overflow Process", The Bell System Technical Journal, pp.437-448, Mar. 1973.
20. S. Q. Li, "Study of Information Loss in Packet Voice Systems", IEEE Tr. on Comm., pp.1192-1202, Nov. 1989.
21. M. Murata, et al., "Analysis of a Discrete-Time Single-Server Queue with Bursty Inputs for Traffic Control in ATM Networks", Globecom 89, pp. 1781-1787.
22. S. Q. Li and J. W. Mark, "Traffic Characterization for Integrated Services Network", IEEE Tr. on Comm., pp.1231-1243, Aug. 1990.
23. E. P. Rathgeb, "Modeling and Performance Comparison of Policing Mechanisms for ATM

- Networks", IEEE JSAC, pp.325-334, Apr. 1991.
24. L. Bermejo, P. Parmentier and G. H. Petit, "Service Characteristics and Traffic Models in a Broadband ISDN", Electrical Communication(J. of Alkatel), pp.132-138, 1990.
 25. W. Verbiest, L. Pinnoo and B. Voeten, "The Impact of the Concept on Video Coding", IEEE JSAC, pp.1623-1632, Dec.1988.
 26. B. Maglaris, et al., "Performance Model of the Statistical Multiplexing in a Packet Video Communication", IEEE Tr. on Comm., pp.834-844, July. 1988.
 27. P. Sen, B. Maglaris, et al., "Models for Packet Switching of Variable-Bit-Rate Video Sources", IEEE JSAC, pp.865-869, June 1989.
 28. H. Heffes and D. M. Lucantoni, "A Markov Modulated Characterization of Packetized Voice and Data Traffic and Related Statistical Multiplexer Performance", IEEE JSAC, pp.856-868, Sep. 1986.
 29. K. Q. Liao and L. G. Mason, "A Discrete Time Single Server Queue with a Two-Level Modulated Input and Its Applications", Globecom 89, pp. 913-918.
 30. 이준원, 이병기, "BISDN 통합트래픽에 대한 새로운 MMPP 근사방법", JCCI 91, pp.214-216.
 31. K. S. Meier-Hellstern, "The Analysis of a Queue Arising in Overflow Models," IEEE Tr. on Comm., pp.367-372, Apr. 1989.
 32. J. Ye and S. Q. Li, "Analysis of Multi-Media Queues with Finite Buffer and Overload Control-Part I : Algorithm," Infocom 91, pp.1464-1474.
 33. A. W. Berger, "Performance Analysis of a Rate-Control Throttle Where Tokens and Jobs Queue," IEEE JSAC, pp.165 pp. 165-170, Feb. 1991.
 34. 노병희, 정연화, 이병철, 김재열, "ATM망에서의 트래픽 정보원 모델링," 통신학회 91 추계학술발표 논문집, pp. 192-195.
 35. J. J. Bae and T. Suda, "Survey of Traffic Control Protocols in ATM Networks," Globecom 90, pp. 1-6
 36. D. Hong, T. Suda and J. J. Bae, "Survey of Techniques for Prevention and Control of Congestion in an ATM Network," ICC 91, pp. 204-210.
 37. 성단근, "ATM 트래픽 제어 기술," ATM 교환기술 Workshop, 1991. 11.
 38. 최영철, 조유제, 최문기, "ATM 망에 대한 트래픽제어의 문제점 분석," 통신학회 91 추계학술발표 논문집, pp.179-182.
 39. J. Y. Hui, "Resource Allocation for Broadband Network," IEEE JSAC, pp.1598-1608, Dec. 1988.
 40. G. Gallassi, et al., "ATM : Bandwidth Assignment and Bandwidth Enforcement Policies." Globecom 89, pp. 1788-1793.
 41. B. Jabbari, "A Bandwidth Allocation Technique for High Speed Networks," Globecom 90, pp. 355-359.
 42. T. R. Griffiths, "Analysis of a Connection Acceptance Strategy for Asynchronous Transfer Mode Networks," Globecom 90, pp. 862-868.
 43. H. Suzuki, et al., "A Burst Traffic Control Strategy for ATM Networks," Globecom 90, pp. 874-878.
 44. T. Murase, H. Suzuki and T. Takeuchi, "A Call Admission Control for ATM Network Based on Individual Multiplexed Traffic Characteristics," ICC, 91, pp.193-198.
 45. M. Decina and T. Toniatti, "On Bandwidth Allocation to Bursty Virtual Connections in ATM Networks," ICC 90, pp. 844-851.
 46. Y. Miyao, "A Call Admission Control Scheme in ATM Networks," ICC 91, pp. 391-396.
 47. M. Sidi, et al., "Congestion Control Through Input Rate Regulation," Globecom 89, pp. 1764-1768.
 48. E. P. Rathgeb and T. H. Theimer, "The Policing Function in ATM Networks," ISS 90, Vol V, pp. 127-130.
 49. H. Ahmadi, R. Guerin and K. Sohraby, "Analysis of Leaky Bucket Access Control Mechanism with Batch Arrival Process," Globecom 90, pp. 344-349.
 50. K. Sohraby and M. Sidi, "On the Performance of Bursty and Correlated Sources Subject to Leaky Bucket Rate-Based Access Control Schemes," Infocom 91, pp. 426-434.
 51. M. Butto, E. Cavallero and A. Tonietti, "Effectiveness of Leaky Bucket Policing Mechanism in ATM Networks," IEEE JSAC, pp. 335-342, Apr. 1991.
 52. 이영옥, 유기혁, "ATM망의 Leaky Bucket 메커니즘에서 파라메타 값들에 대한 셀손실의 연구," 통신학회 91 추계학술발표 논문집, pp. 174-178.
 53. K. Bala, I. Cidon and K. Sohraby, "Congestion Control for High Speed Packet Switched Networks," Infocom 90, pp. 520-526.
 54. A. W. Berger, et al., "Performance Characterization of Traffic Monitoring, and Associated Control, Mechanisms for Broadband Packet Networks," Infocom 90, pp. 350-354.
 55. D. K. Hsing, "Simulation and Performance Evalu-

ation of an ATM Multiplexer Using Priority Scheduling," Globecom 90, pp. 1946-1952.

- 56. Y. Lim and J. E. Kobza, "Analysis of a Delay-dependent Priority Discipline in an Integrated Multiclass Traffic Fast Packet Switch," IEEE Tr. on Comm., pp. 659-665, May 1990.
- 57. K. Rothermel, "Priority Mechanisms in ATM Networks," Globecom 90, pp. 847-851.
- 58. H. Kroner, et al., "Priority Management in ATM Switching Nodes," IEEE JASC, pp. 418-427, Apr. 1991.
- 59. 장재신, 신병철, "우선순위 기능을 가진 ATM스위치의 성능분석," 통신학회 91 추계 학술발표 논문집, pp. 141-144.
- 60. J. L. Boudec, "An Efficient Solution Method for Markov Models of ATM Links with Loss Priorities," IEEE JSAC, pp. 408-417, Apr. 1991.
- 61. 박기현 외, "ATM에서 우선순위를 갖는 Multi-Media 전송방식의 성능분석," JCCI 91, pp. 199-202.
- 62. H. Esaki, K. Iwamura and T. Kodama, "A Simple and Effective Admission Control Method for An ATM Network," Globecom 90, pp. 28-33.
- 63. S. B. Jacobsen, et al., "Load Control in ATM Networks," ISS 90, pp. 131-138.
- 64. Z. Haas, and J. H. Winters, "Congestion Control by Adaptive Admission," Infocom 91, pp. 560-569.
- 65. R. Vickers, "Network Evolution to BISDN," 6th World Telecommunication Forum(Geneva)-Technical Symposium, pp. 241-245, Oct. 1991.



이 영 옥

저자약력

- 1985년 2월 : 서울대학교 산업공학과 졸업
- 1987년 2월 : 한국과학기술원 경영과학과(공학석사)
- 1988년 8월 ~ 현재 : 한국과학기술원 경영과학과 박사과정 재학중
- 1987년 3월 ~ 현재 : 한국통신기술(주) 근무 현재 부설연구소 시스템엔지니어링 연구실 선임연구원
- 주요관심분야 : BISDN 트래픽제어기술, Network Modeling, Network Simulation Software